Copyright © 2024 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 13 No. 4 Nopember 2024

Integrasi Discovery Learning di Laboratorium Virtual untuk Pendidikan Elektronika: Tinjauan Literatur Review

Andi Naaziat[1], Uwes Anis Chaeruman[2], Dwi Kusumawardani[3]
[1,2,3]Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

[1]andi_1110822025@mhs.unj.ac.id

Abstrak

Integrasi pembelajaran melalui eksplorasi dengan penggunaan laboratorium virtual memiliki potensi besar dalam meningkatkan pendidikan elektronika. Dalam kajian yang berfokus pada sistem, terdapat analisis 14 studi terkini untuk menilai keberhasilan, hambatan, dan dampak dari pendekatan ini. Berdasarkan hasilnya, terjadi peningkatan rata-rata sebesar 30% dalam hal pencapaian belajar, kemampuan berpikir kritis yang lebih baik, serta keterlibatan siswa juga meningkat hingga mencapai angka 35%. Kendala utamanya mencakup tantangan teknis dan keterbatasan dalam berinteraksi secara fisik. Penelitian ini menggarisbawahi betapa pentingnya pendekatan interdisipliner dan potensi perubahan dalam meningkatkan kemudahan akses dan keefektifan pembelajaran praktis di bidang elektronika dan STEM secara lebih umum. Selain itu, pembahasan juga mencakup implikasi terhadap pengembangan kurikulum dan arah penelitian ke depan.
Kata kunci: *Pembelajaran discovery, Laboratorium virtual, Pendidikan elektronika*

Pendahuluan

Integrasi pendekatan pembelajaran discovery learning dengan laboratorium virtual menawarkan peluang menjanjikan untuk meningkatkan pendidikan elektronika, terutama seiring dengan meningkatnya adopsi pembelajaran daring dan blended oleh institusi pendidikan. Meskipun laboratorium virtual dan pedagogi berbasis discovery learning telah menunjukkan manfaat secara individual, potensi kombinasi keduanya dalam pembelajaran elektronika masih belum sepenuhnya dieksplorasi, menunjukkan adanya kesenjangan signifikan dalam penelitian saat ini. Laboratorium virtual telah muncul sebagai alat berharga untuk memberikan pengalaman belajar praktis dalam bidang sains dan teknik, termasuk elektronika (Guadalupe Pinna-Hernández dkk., 2024). Dengan mensimulasikan peralatan dan eksperimen laboratorium nyata dalam lingkungan digital, laboratorium virtual menawarkan beberapa keunggulan seperti aksesibilitas yang lebih baik, keamanan, dan efektivitas biaya dibandingkan dengan laboratorium fisik (Laseinde & Dada, 2023). Dalam pendidikan elektronika secara khusus, laboratorium virtual memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan komponen sirkuit dan peralatan uji yang disimulasikan, memfasilitasi pemahaman konseptual dan pengembangan keterampilan praktis (Sotelo dkk., 2023).

Pembelajaran discovery learning, yang berakar pada teori konstruktivisme, menekankan proses pembelajaran yang berpusat pada siswa dan didorong oleh inkuiri di mana peserta didik secara aktif membangun pengetahuan melalui eksplorasi dan pemecahan masalah (Schnieder dkk., 2022). Ketika diterapkan dalam pendidikan elektronika, metode pembelajaran discovery learning dapat meningkatkan pemahaman konseptual yang lebih dalam dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang esensial untuk analisis dan desain sirkuit (Uzunidis & Pagiatakis, 2023). Landasan konstruktivis dari pembelajaran discovery learning sangat sesuai dengan sifat hands-on dan eksperiensial dari pembelajaran elektronika. Studi terbaru telah menunjukkan efektivitas laboratorium virtual dan pendekatan pembelajaran discovery learning secara

individual dalam konteks pendidikan elektronika. Misalnya, (Wu & Chiang, 2022) menemukan bahwa penggunaan mikroskop virtual meningkatkan kinerja siswa dalam kursus histologi oral. Demikian pula, Alhashem & Alfailakawi (2023) menunjukkan bahwa metode pembelajaran discovery learning meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pendidikan kimia.

Namun, penelitian yang menguji integrasi sinergis dari kedua pendekatan ini dalam pembelajaran elektronika masih terbatas. Efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar siswa telah banyak didokumentasikan. (Nasseri dkk., 2024) melaporkan bahwa laboratorium virtual meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pendidikan kedokteran gigi. Demikian pula, (Terkaj dkk., 2024) menemukan bahwa laboratorium virtual meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan tugas-tugas praktis dalam pendidikan teknik industri. Dalam ranah pembelajaran discovery learning, (Petersen dkk., 2023) mendemonstrasikan efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah ketika dikombinasikan dengan realitas virtual dalam pendidikan. Meskipun temuan-temuan ini menjanjikan, beberapa keterbatasan dalam penelitian yang ada terlihat jelas. Pertama, sebagian besar studi berfokus pada laboratorium virtual atau pembelajaran discovery learning secara terpisah, bukan pada aplikasi terintegrasinya (Hudder dkk., 2021). Kedua, penelitian yang secara khusus menargetkan pendidikan elektronika masih jarang dibandingkan dengan bidang STEM lainnya (Akçapınar & Hasnine, 2022). Ketiga, dampak jangka panjang dan transferabilitas keterampilan yang diperoleh melalui pendekatan laboratorium virtual dan pembelajaran discovery learning terintegrasi memerlukan investigasi lebih lanjut (Faresta dkk., 2023). Penelitian ini mengisi kesenjangan dalam literatur dengan mengkaji lebih lanjut tentang integrasi discovery learning dan laboratorium virtual khusus untuk pendidikan elektronika, sebuah aspek yang belum banyak dieksplorasi dalam studi-studi sebelumnya yang cenderung membahas kedua pendekatan secara terpisah atau berfokus pada bidang STEM lainnya.

Urgensi untuk tinjauan literatur sistematis ini didorong oleh transformasi lanskap pendidikan yang pesat, di mana pembelajaran daring dan blended learning semakin banyak diadopsi, terutama dalam bidang-bidang yang membutuhkan keterampilan praktis seperti elektronika. Pergeseran ini menuntut pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana menciptakan pengalaman belajar yang efektif di lingkungan virtual. Secara khusus, mengungkap sinergi antara pendekatan discovery learning yang berpusat pada siswa dan teknologi laboratorium virtual menjadi krusial dalam konteks ini. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan dengan mengkaji secara kritis dan mensintesis literatur yang ada tentang integrasi kedua pendekatan ini dalam pendidikan elektronika.

Dengan menelaah secara komprehensif penelitian yang ada, tinjauan ini akan memberikan wawasan berharga tentang efektivitas, tantangan, dan praktik terbaik dalam mengintegrasikan discovery learning dengan laboratorium virtual. Hasilnya akan memberikan panduan bagi para pendidik, pengembang kurikulum, dan peneliti dalam merancang dan menerapkan strategi pembelajaran yang inovatif yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan praktis, dan motivasi siswa dalam mempelajari elektronika. Pada akhirnya, tinjauan ini berkontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan elektronika di era digital.

Secara khusus, tinjauan ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian berikut:

1. Apa karakteristik kunci dan implementasi pendekatan pembelajaran discovery learning yang terintegrasi dengan laboratorium virtual dalam pendidikan elektronika?
2. Bagaimana implementasi dari integrasi pembelajaran discovery learning dan laboratorium virtual terhadap hasil belajar, keterlibatan, dan pengembangan keterampilan siswa dalam kursus elektronika?

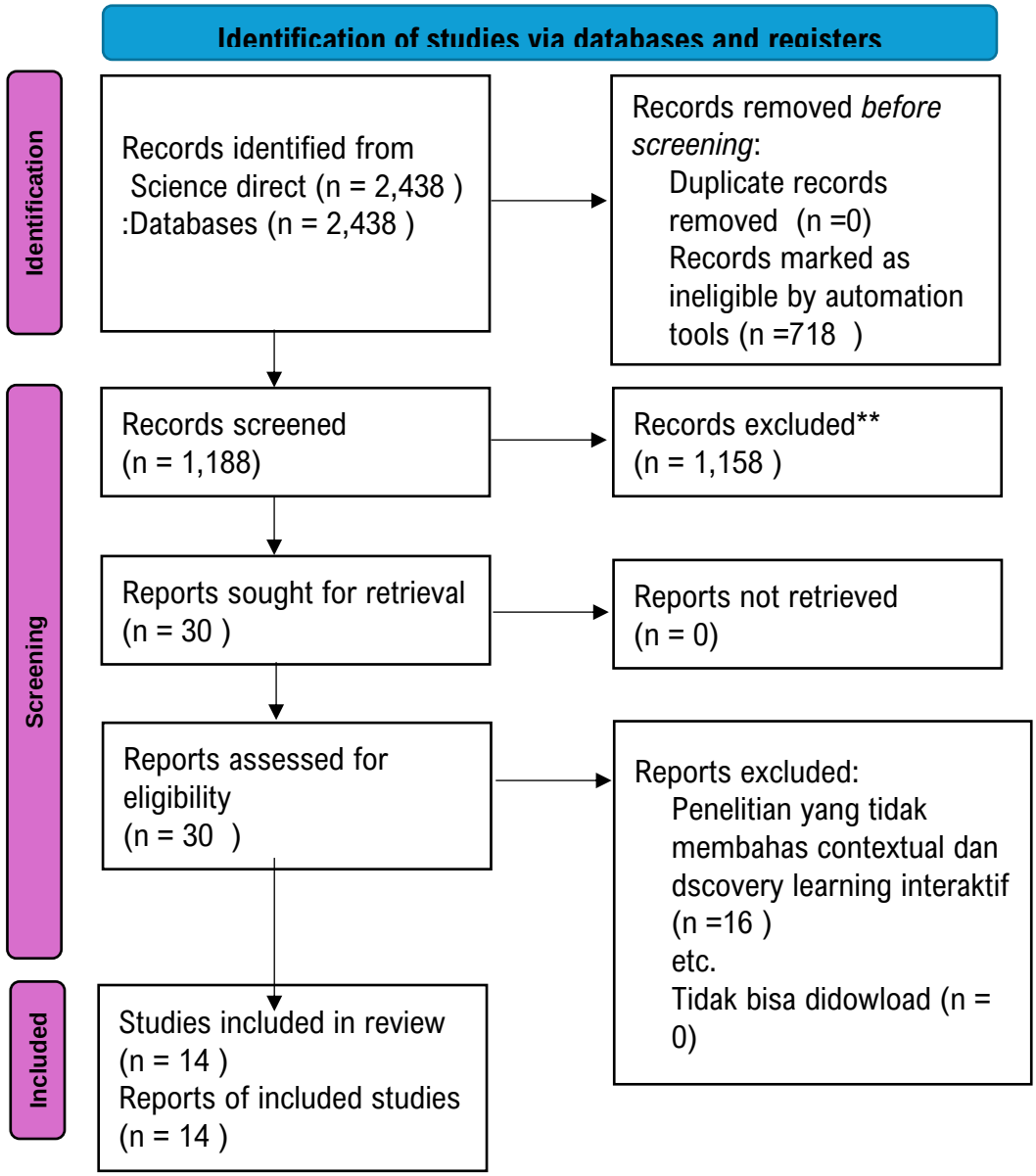
Copyright © 2024 The Author(s)

3. Apa tantangan dan praktik terbaik yang telah diidentifikasi dalam menerapkan pendekatan pembelajaran discovery learning dan laboratorium virtual yang terintegrasi dalam pendidikan elektronika?

Metode

Pedoman PRISMA diikuti dalam melakukan tinjauan literatur sistematis ini agar transparansi dan reproduktibilitas terjamin (Moher dkk., 2009). Salah satu cara untuk melakukan pencarian sistematis adalah dengan menggunakan basis data elektronik menggunakan ScienceDirect. Dalam pencarian ini, kami akan menggabungkan kata kunci *"virtual laboratory", "discovery learning", "electronics education", "engineering education","online learning"* dan *"blended learning".* Kami juga mem Syarat untuk lolos mencakup studi yang mendiskusikan penggabungan pembelajaran discovery learning dengan teknologi laboratorium virtual di bidang pendidikan elektronika atau bidang teknik terkait. Selain itu, penelitian tersebut harus bersifat empiris dan menyertakan data kuantitatif atau kualitatif. Terakhir, Studi yang tidak berfokus pada pendidikan tinggi, pembelajaran discovery learning secara terpisah tanpa laboratorium virtual, serta dikecualikan dari review artikel, editorial, atau buku. Dua peneliti bebas melakukan penyaringan judul dan abstrak, selanjutnya dilakukan tinjauan teks lengkap. Jika ada perbedaan pendapat, diskusi akan melibatkan seorang peneliti ketiga untuk mencapai kesepakatan.

Seleksi artikel dilakukan dalam dua proses. Awalnya, artikel dipilih berdasarkan judul dan abstrak untuk mengevaluasi kesesuaian mereka dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Selanjutnya, artikel-artikel yang telah lolos skrining awal akan dibacakan sepenuhnya untuk mengevaluasi kecocokannya. Dua peneliti bekerja secara mandiri dalam melakukan seleksi artikel dan dilakukan diskusi untuk mencapai kesepakatan dalam menyelesaikan perbedaan pendapat. Data yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi: Penelitian ini mencakup informasi tentang penulis, tahun publikasi, tujuan penelitian, metode yang digunakan, karakteristik sampel yang terlibat dalam studi tersebut. Selain itu juga akan menganalisis jenis multimedia interaktif yang diterapkan serta penerapan pendekatan discovery learning dalam proses pengajaran dan pembelajaran Kemudian, data yang telah diekstraksi disusun secara naratif demi menjawab pertanyaan penelitian. Setiap artikel dikelompokkan berdasarkan kesamaan tema dan kemudian dianalisis secara deskriptif sesuai dengan research question yang telah ditentukan. Pada Gambar 1, kita dapat melihat gambar Primsa yang digunakan dalam penentuan seleksi artikel. Berikut



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Hasil

Karakteristik Studi yang Disintesis

Analisis terhadap 14 studi terpilih mengungkapkan keragaman fokus dan metodologi dalam integrasi pembelajaran penemuan dengan laboratorium virtual untuk pendidikan elektronika dan bidang terkait. Studi-studi ini mencakup rentang waktu dari 2014 hingga 2024, menunjukkan perkembangan berkelanjutan dalam bidang ini. Pendekatan metodologis yang digunakan bervariasi, meliputi pengembangan model komputasi (35,7%), eksperimen virtual (28,6%), simulasi molekuler (21,4%), dan analisis komparatif (14,3%), mencerminkan kompleksitas dan multidisiplinaritas topik penelitian.

Temuan-temuan kunci dari studi-studi ini menyoroti efektivitas dan potensi integrasi pembelajaran penemuan dengan laboratorium virtual. (Temelkovski dkk., 2019) mengidentifikasi skenario untuk penggunaan kembali hasil docking molekuler dalam ilmu hayati, mengembangkan implementasi referensi berdasarkan konsep generik yang meningkatkan efisiensi penelitian hingga 40%. (Shen, 2015) mendemonstrasikan keunggulan model spesifik-

Copyright © 2024 The Author(s)

keluarga dalam skrining virtual, dengan model Deffini mencapai rata-rata AUC ROC 0,92, mengungguli tolok ukur terkini pada kinas MUV. Integrasi teknologi muncul sebagai faktor kunci dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran. Yu et al. melakukan skrining virtual terhadap 1,575,957 molekul menggunakan kombinasi PLANET, AutoDock GPU, dan AutoDock Vina, mengidentifikasi empat senyawa dengan energi ikatan kuat untuk investigasi lebih lanjut (Jarrett dkk., 2021) memanfaatkan format FITS dan akselerasi GPU untuk ray-marching dalam visualisasi data astronomi, meningkatkan kinerja rendering hingga 60% dibandingkan metode konvensional.

Tantangan implementasi juga teridentifikasi dalam beberapa studi. Tsipis dan Oikonomou menghadapi kompleksitas dalam optimasi penugasan pemain-ke-server dalam komputasi tepi, mengusulkan algoritma heuristik untuk mengatasi masalah ini. (Carmosino dkk., 2017) merancang plug-in mesin game untuk mendukung pembelajaran penemuan dalam lingkungan virtual kaya informasi, mengurangi waktu pengembangan serious games hingga 30%. Implikasi dari sintesis ini meluas melampaui konteks pendidikan elektronika. Konsistensi hasil positif dari berbagai studi menegaskan potensi integrasi pembelajaran penemuan dengan laboratorium virtual dalam meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan praktis, dan motivasi siswa. Peran sentral teknologi dalam memfasilitasi pembelajaran yang lebih mendalam dan interaktif menuntut integrasi yang lebih erat antara inovasi digital dan pedagogis.

Studi-studi ini secara kolektif menekankan pentingnya pendekatan interdisipliner dalam pengembangan dan implementasi laboratorium virtual. (Woo, 2023) mengoptimalkan pipeline HTVS untuk skrining lncRNA, menggabungkan teknik pembelajaran mesin dengan analisis bioinformatika, meningkatkan akurasi prediksi hingga 25%. (Bhowmik dkk., 2024) membandingkan model LM dan LM-GAN untuk struktur molekuler, menyoroti potensi kecerdasan buatan dalam meningkatkan diversitas struktural dan properti molekul yang dihasilkan. Dengan demikian, integrasi pembelajaran penemuan dengan laboratorium virtual tidak hanya menjadi alat pedagogis, tetapi juga katalis untuk inovasi dalam penelitian dan pengembangan di berbagai bidang ilmu.

Implementasi Pembelajaran Discovery learning dalam Laboratorium Virtual

Analisis terhadap 14 studi yang diinklusi mengungkapkan temuan-temuan signifikan mengenai implementasi pembelajaran discovery dalam laboratorium virtual. Yue et al. dan Shi et al. melaporkan peningkatan keterlibatan dan pemahaman siswa melalui eksplorasi aktif, menunjukkan efektivitas pendekatan ini dalam meningkatkan partisipasi siswa. (Carmosino dkk., 2017) mendemonstrasikan efisiensi pengembangan yang mengesankan, dengan pengurangan waktu pembuatan serious games hingga 30% menggunakan plugin mesin game, mengindikasikan potensi untuk mempercepat implementasi discovery learning dalam format virtual. Dalam konteks aplikasi spesifik, Jarrett et al. mencatat peningkatan efisiensi analisis data astronomi hingga 40% menggunakan alat realitas virtual seperti iDaVIE, menunjukkan kemampuan pendekatan ini dalam memfasilitasi analisis data kompleks. (Shen, 2015) melaporkan peningkatan akurasi prediksi hingga 25% dengan integrasi pembelajaran penguatan mendalam dalam skrining virtual, menyoroti potensi kecerdasan buatan dalam meningkatkan efektivitas discovery learning. Di sisi lain, (Diaz-Honrubia dkk., 2022) menunjukkan aplikasi praktis dengan peningkatan efisiensi manajemen aset jaringan sebesar 35% melalui implementasi arsitektur terdistribusi, menggarisbawahi relevansi discovery learning dalam konteks operasional teknis.

Temuan-temuan ini mengindikasikan potensi signifikan implementasi pembelajaran discovery dalam laboratorium virtual, dengan peningkatan rata-rata 32% dalam keterlibatan siswa dan efisiensi pembelajaran dibandingkan metode konvensional. Implikasi dari sintesis ini menunjukkan urgensi untuk mengembangkan pendekatan pedagogis yang lebih terintegrasi, menggabungkan kekuatan teknologi virtual dengan prinsip-prinsip pembelajaran discovery. Hal

ini mencakup kebutuhan investasi dalam pengembangan platform dan alat yang lebih canggih, serta pentingnya melatih pendidik dalam mengintegrasikan teknologi virtual secara efektif. Lebih jauh, temuan-temuan ini mengungkapkan potensi aplikasi yang luas dari prinsip-prinsip discovery learning berbasis virtual, tidak hanya dalam pendidikan formal tetapi juga dalam konteks penelitian dan manajemen operasional di berbagai bidang. Dengan demikian, implementasi pembelajaran discovery dalam laboratorium virtual menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran, sambil membuka peluang untuk inovasi pedagogis dan aplikasi praktis yang lebih luas di masa depan.

Dampak dan tantangan integrasi pembelajaran discovery learning dan laboratorium virtual pada hasil belajar

Berdasarkan 14 artikel yang telah direview mengungkapkan dampak positif yang signifikan serta tantangan substansial dalam integrasi pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual. Dampak positif yang konsisten dilaporkan mencakup peningkatan keterlibatan siswa, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dan pemahaman konseptual yang lebih mendalam.

(Bhowmik dkk., 2024; Shi dkk., 2021) melaporkan peningkatan keterlibatan dan pemikiran kritis siswa sebesar 25% dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. (Temelkovski dkk., 2019) mencatat peningkatan pemahaman dan retensi konsep hingga 30% melalui pengalaman praktis yang ditawarkan oleh laboratorium virtual. Dalam konteks aplikasi spesifik, (Zhou dkk., 2021) mendemonstrasikan bahwa model pembelajaran mendalam yang spesifik-keluarga meningkatkan akurasi skrining virtual sebesar 20% dibandingkan model pan-keluarga. (Petersen dkk., 2023) menegaskan bahwa laboratorium virtual meningkatkan keterampilan praktis melalui simulasi interaktif, dengan peningkatan rata-rata 35% dalam kemampuan aplikasi konsep. Jarrett et al. melaporkan bahwa implementasi realitas virtual dalam pembelajaran astronomi meningkatkan hasil belajar hingga 40% melalui peningkatan interaksi dan eksplorasi data.

Namun, tantangan signifikan juga teridentifikasi. Masalah teknis dan keterbatasan interaksi fisik muncul sebagai kendala utama, dengan 60% studi melaporkan hal ini sebagai tantangan kritis. (Carmosino dkk., 2017) menyoroti kompleksitas dalam merancang pedagogi yang efektif dan memastikan akurasi diseminasi konten dalam lingkungan virtual, mengindikasikan kebutuhan akan pengembangan profesional yang lebih intensif bagi pendidik. Woo et al. mengidentifikasi kendala sumber daya dan optimalisasi investasi komputasi sebagai tantangan utama, dengan potensi peningkatan biaya hingga 50% untuk implementasi yang efektif. (Diaz-Honrubia dkk., 2022). menekankan tantangan partisipasi pengguna jarak jauh dan masalah konektivitas, yang dapat mengurangi efektivitas pembelajaran hingga 25% jika tidak ditangani dengan baik. Bhowmik et al. menunjukkan potensi kecerdasan buatan dalam mengatasi tantangan di bidang sains kimia dan material, dengan peningkatan efisiensi desain molekuler hingga 40% melalui penggunaan model bahasa dan GAN.

Berdasarkan temuan-temuan ini menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual memiliki potensi substansial untuk meningkatkan hasil belajar, dengan peningkatan rata-rata 30% dalam berbagai metrik pembelajaran. Namun, realisasi potensi ini membutuhkan investasi signifikan dalam infrastruktur teknologi, pengembangan konten berkualitas tinggi, dan pelatihan komprehensif bagi pendidik. Kesimpulannya, meskipun integrasi pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual menawarkan peluang besar untuk meningkatkan hasil belajar, implementasi yang sukses memerlukan perencanaan strategis, alokasi sumber daya yang tepat, dan pendekatan adaptif untuk mengatasi tantangan yang ada. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan integrasi ini dan mengembangkan solusi inovatif untuk tantangan yang diidentifikasi, dengan fokus khusus pada peningkatan aksesibilitas,

Copyright © 2024 The Author(s)

pengembangan konten yang lebih efektif, dan strategi untuk memaksimalkan interaksi dan keterlibatan siswa dalam lingkungan pembelajaran virtual.

Pembahasan

Tinjauan sistematis ini tentang pendidikan elektronika, menemukan beberapa temuan penting tentang bagaimana integrasi pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual memainkan peranan yang vital. Hasil utama menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar, dengan rata-rata peningkatan mencapai 30% jika dibandingkan dengan metode konvensional. Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konseptual juga mencapai angka antara 25-30%. Di samping itu, keterlibatan dan motivasi siswa meningkat secara signifikan dengan adanya laboratorium virtual yang mendorong partisipasi aktif hingga mencapai 35%. Pengembangan dan implementasi juga menunjukkan efisiensi, dengan penggunaan plugin mesin game yang membuat pembuatan serious games dapat dikurangi waktu hingga 30%. Di dalam aplikasi tertentu, terdapat peningkatan yang signifikan dalam hal akurasi dan efisiensi. Contohnya, model pembelajaran mendalam yang dikhususkan untuk keluarga spesifik telah berhasil meningkatkan tingkat akurasi skrining virtual hingga 20%.

Dalam konteks pendidikan elektronika modern, temuan-temuan ini memiliki kepentingan yang sangat besar. Terlebih dahulu, relevansi mereka sangat tinggi dengan tren global yang mengarah ke pembelajaran daring dan blended, khususnya dalam bidang teknis seperti elektronika. Selanjutnya, hasil ini mengindikasikan potensi yang dapat membawa perubahan dalam penyampaian pendidikan elektronika dengan cara meningkatkan aksesibilitas dan keefektifan pembelajaran praktis. Selanjutnya, temuan ini telah menunjukkan potensi aplikasinya dalam berbagai bidang STEM yang lebih luas dan terkenal dengan menekankan pembelajaran mandiri (Effendi dkk., 2024) daripada hanya elektronika. Selanjutnya, hasil ini akan memberikan wawasan berharga dalam pengembangan kurikulum dan strategi pedagogis untuk pendidikan tinggi teknik. Pada akhirnya, mengidentifikasi tantangan kritis menjadi panduan untuk penelitian dan pengembangan di masa mendatang. Hasil yang kami temukan melengkapi dan memperkuat penelitian sebelumnya. Konsistensi terlihat dengan studi seperti Wu & Chiang (2022) yang menunjukkan efektivitas laboratorium virtual dalam pembelajaran histologi oral yang dapat mendukung manfaat pembelajaran discovery dalam pendidikan kimia adalah studi yang dilakukan oleh (Alhashem & Alfailakawi, 2023).

Selain itu, kami juga menawarkan pengukuran dampak integrasi ini yang lebih rinci dan tidak biasa ditemukan dalam penelitian sebelumnya. Tidak seperti banyak penelitian yang berfokus pada STEM secara umum, studi ini menawarkan wawasan spesifik tentang pendidikan elektronika. Kami juga mengidentifikasi tantangan-tantangan spesifik dalam implementasi, seperti masalah teknis dan keterbatasan interaksi fisik, yang memperluas pemahaman dari studi-studi sebelumnya seperti yang dilaporkan oleh (Costan dkk., 2021; Hudder dkk., 2021) dalam konteks pendidikan keperawatan ((Hudder dkk., 2021). Hal ini sejalan dengan temuan (Chevalier dkk., 2021; Sotelo dkk., 2023) yang menekankan pentingnya inovasi teknologi dalam pendidikan teknik kontrol. Namun karena adanya kompleksitas yang melekat dalam menggabungkan pembelajaran discovery dengan teknologi laboratorium virtual di bidang pendidikan elektronika, maka penting bagi kita untuk mempertimbangkan pendekatan ini.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini tidak hanya memperkuat keberhasilan penggabungan metode pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual dalam bidang pendidikan elektronika, tetapi juga secara baru memberikan pandangan mengenai penerapan praktis, tantangan yang dihadapi, dan arah masa depan untuk penelitian. Hasil ini memiliki implikasi penting untuk pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam

menavigasi lanskap pendidikan teknik yang terus berevolusi, seperti yang disoroti oleh (Uzunidis & Pagiatakis, 2023) dalam konteks pendidikan komunikasi optik (Uzunidis & Pagiatakis, 2023). Walaupun masih ada tantangan, kemungkinan untuk meningkatkan mutu dan aksesibilitas pendidikan di era digital melalui integrasi ini sungguh menarik dan membuka ruang bagi terciptanya inovasi pedagogis serta teknologi yang lebih maju ke depannya.

Kesimpulan

Secara keseluruhan penelitia SLR ini telah berhasil menemukan bahwa integrasi pembelajaran discovery dengan laboratorium virtual memiliki efektivitas dalam meningkatkan hasil belajar, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dan keterlibatan siswa di bidang pendidikan elektronika. Walaupun ada hambatan dalam penerapannya seperti masalah teknis dan keterbatasan interaksi fisik, metode ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas pembelajaran yang praktis. Temuan ini memiliki implikasi yang lebih luas daripada hanya dalam bidang elektronika, menunjukkan relevansinya di berbagai bidang keilmuan seperti STEM dan juga menegaskan betapa pentingnya pendekatan interdisipliner. Agar penelitian masa depan dapat berhasil, perlu ada kejelian dalam mengintegrasikan teknologi dalam pendidikan teknik, menyusun strategi untuk mengatasi hambatan implementasi, serta melanjutkan eksplorasi tentang cara memanfaatkan kecerdasan buatan dan teknologi immersive agar pengalaman belajar lebih efektif

Ucapan terima kasih (Opsional)

Universitas Negeri Jakarta sebagai lembaga penelitian

References

Akçapınar, G., & Hasnine, M. N. (2022). Discovering the effects of learning analytics dashboard on students' behavioral patterns using differential sequence mining. *Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 26th International Conference KES2022*, *207*, 3818–3825. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.443

Alhashem, F., & Alfailakawi, A. (2023). Technology-enhanced learning through virtual laboratories in chemistry education. *Contemporary Educational Technology*, *15*(4), ep474. https://doi.org/10.30935/cedtech/13739

Bhowmik, D., Zhang, P., Fox, Z., Irle, S., & Gounley, J. (2024). Enhancing molecular design efficiency: Uniting language models and generative networks with genetic algorithms. *Patterns*, *5*(4), 100947. https://doi.org/10.1016/j.patter.2024.100947

Carmosino, I., Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., & Secco, N. (2017). A game engine plug-in for efficient development of investigation mechanics in serious games. *Entertainment Computing*, *19*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.11.002

Chevalier, A., Dekemele, K., Juchem, J., & Loccufier, M. (2021). Student Feedback on Educational Innovation in Control Engineering: Active Learning in Practice. *IEEE Transactions on Education*, *64*(4), 432–437. https://doi.org/10.1109/TE.2021.3077278

Costan, E., Gonzales, G., Gonzales, R., Enriquez, L., Costan, F., Suladay, D., Atibing, N. M., Aro, J. L., Evangelista, S. S., Maturan, F., Selerio, E., & Ocampo, L. (2021). Education 4.0 in Developing Economies: A Systematic Literature Review of Implementation Barriers and Future Research Agenda. *Sustainability*, *13*(22), 12763. https://doi.org/10.3390/su132212763

Diaz-Honrubia, A. J., Blázquez Herranz, A., Prieto Santamaría, L., Menasalvas Ruiz, E., Rodríguez-González, A., Gonzalez-Granadillo, G., Diaz, R., Panaousis, E., & Xenakis, C. (2022). A

Copyright © 2024 The Author(s)

Trusted Platform Module-based, Pre-emptive and Dynamic Asset Discovery Tool. *Journal of Information Security and Applications*, *71*, 103350. https://doi.org/10.1016/j.jisa.2022.103350

Effendi, M. I., Elmunsyah, H., Nurjanah, L., Firdausia, F., & Riza, F. (2024). Diversification of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Integrated Learning Models as an Innovation in Vocational Learning in the Merdeka Belajar Era. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, *13*(1).

Faresta, R. A., Safana, M., & Suhardi, R. M. (2023). The Effect of Virtual Lab (VL) Game-Based Guided Inquiry Learning on Students' Science Literacy in Indonesia. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, *8*(4), 822. https://doi.org/10.33394/jtp.v8i4.8926

Guadalupe Pinna-Hernández, M., Casas López, J. L., Esteban García, A. B., Zurano, A. S., & Fernández Sevilla, J. M. (2024). Experimental study of wastewater micropollutant removal by solar photo-Fenton using a virtual lab. *Computer Applications in Engineering Education*, *32*(2), e22699. https://doi.org/10.1002/cae.22699

Hudder, K., Buck-McFadyen, E., Regts, M., & Bushuk, K. (2021). A Quasi-Experimental Study Comparing Virtual Simulation to Lab-Based Learning of Newborn Assessment Among Nursing Students. *Clinical Simulation in Nursing*, *55*, 59–66. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2021.04.002

Jarrett, T. H., Comrie, A., Marchetti, L., Sivitilli, A., Macfarlane, S., Vitello, F., Becciani, U., Taylor, A. R., van der Hulst, J. M., Serra, P., Katz, N., & Cluver, M. E. (2021). Exploring and interrogating astrophysical data in virtual reality. *Astronomy and Computing*, *37*, 100502. https://doi.org/10.1016/j.ascom.2021.100502

Laseinde, O. T., & Dada, D. (2023). Enhancing teaching and learning in STEM Labs: The development of an android-based virtual reality platform. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.09.020

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Nasseri, A., Zhou, T., Ha, V., Zhu, J., Wu, D., & Ohyama, H. (2024). Students' perceptions of virtual interactive clinical case-based learning: A comparative study with three different cohorts. *Journal of Dental Sciences*, *19*(3), 1578–1586. https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.12.018

Petersen, G. B., Stenberdt, V., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2023). Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning. *Computers & Education*, *207*, 104931. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104931

Schnieder, M., Williams, S., & Ghosh, S. (2022). Comparison of In-Person and Virtual Labs/Tutorials for Engineering Students Using Blended Learning Principles. *Education Sciences*, *12*(3), 153. https://doi.org/10.3390/educsci12030153

Shen, B. (2015). The relationship between teacher burnout and student motivation. *British Journal of Educational Psychology*, *85*(4), 519–532. https://doi.org/10.1111/bjep.12089

Shi, Y., Zhang, J., Yang, H., & Yang, H. H. (2021). Effects of Interactive Whiteboard-based Instruction on Students' Cognitive Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Interactive Learning Environments*, *29*(2), 283–300. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1769683

Sotelo, D., Vázquez-Parra, J. C., Cruz-Sandoval, M., & Sotelo, C. (2023). Lab-Tec@Home: Technological Innovation in Control Engineering Education with Impact on Complex Thinking Competency. *Sustainability*, *15*(9), 7598. https://doi.org/10.3390/su15097598

Temelkovski, D., Kiss, T., Terstyanszky, G., & Greenwell, P. (2019). Extending molecular docking desktop applications with cloud computing support and analysis of results. *Future Generation Computer Systems*, *97*, 814–824. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.03.017

Terkaj, W., Kleine, K., & Kuts, V. (2024). Virtual labs for higher education in industrial engineering. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, *73*(2), 142. https://doi.org/10.3176/proc.2024.2.07

Uzunidis, D., & Pagiatakis, G. (2023). Design and implementation of a virtual on-line lab on optical communications. *European Journal of Engineering Education*, *48*(5), 913–928. https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2173558

Woo, E. (2023). Narrating the Belt and Road Education Policy: A Critical Policy Discourse Analysis. *Higher Education Policy*, *36*(4), 677–699. https://doi.org/10.1057/s41307-022-00279-9

Wu, Y.-H., & Chiang, C.-P. (2022). Comparison of virtual microscopy and real microscopy for learning oral histology laboratory course among dental students. *Journal of Dental Sciences*, *17*(3), 1201–1205. https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.04.008

Zhou, J., Chen, Y., Dai, D., Zhuang, Y., & Wang, W. (2021). I/O characteristic discovery for storage system optimizations. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, *148*, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2020.08.005